

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT
ACCOUNT NO. 23-0975

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :
Masayuki OKUBO :
Serial No. NEW : **Attn: APPLICATION BRANCH**
Filed November 24, 2003 : Attorney Docket No. 2003_1639A
BRUSHLESS MOTOR

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant in the above-entitled application hereby claims the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2002-362965, filed December 13, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Masayuki OKUBO

By Charles R. Watts
Charles R. Watts
Registration No. 33,142
Attorney for Applicant

CRW/asd
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
November 24, 2003

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月13日
Date of Application:

出願番号 特願2002-362965
Application Number:

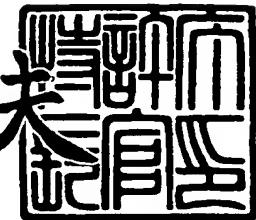
[ST. 10/C] : [JP2002-362965]

出願人 株式会社ミツバ
Applicant(s):

2003年10月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 02P00269

【提出日】 平成14年12月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02K 29/00

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地 株式会社ミツバ内

【氏名】 大久保 雅通

【特許出願人】

【識別番号】 000144027

【氏名又は名称】 株式会社ミツバ

【代理人】

【識別番号】 100102853

【弁理士】

【氏名又は名称】 鷹野 寧

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 115614

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ブラシレスモータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軸方向の長さが L_M に形成されたマグネットを備えるロータと、前記マグネットとエアギャップを介して対向しその先端部に前記エアギャップに臨んで補助溝が凹設されたティースを周方向に沿って複数個配置したステータコアを備えるステータとを有するブラシレスモータであって、

前記ステータコアの軸方向の長さ L_S は、前記マグネットの軸方向の長さ L_M よりも大きい ($L_S > L_M$) ことを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 2】 請求項 1 記載のブラシレスモータにおいて、前記ステータコアは、その両端に前記マグネットと対向せず、前記マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出したオーバーハング部を有することを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 3】 請求項 2 記載のブラシレスモータにおいて、前記オーバーハング部の軸方向の長さ X が 0.5 mm ~ 8.0 mm であることを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 4】 請求項 1 ~ 3 に何れか 1 項に記載のブラシレスモータにおいて、前記補助溝の中心が前記ティースの周方向端面の延長線上に位置することを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 5】 請求項 1 ~ 4 に何れか 1 項に記載のブラシレスモータにおいて、前記補助溝の溝幅が隣接する前記ティース間に形成されたスロットの幅と等しいことを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 6】 請求項 1 ~ 5 に何れか 1 項に記載のブラシレスモータにおいて、前記ブラシレスモータは電動パワーステアリング装置用のモータであること特徴とするブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ブラシレスモータに関し、特に、コギングトルクの低減を図ったブ

ラシレスモータに関する。

【0002】

【従来の技術】

ブラシレスモータは、ブラシ・整流子間のような機械的接点がないため、ブラシの摩耗や電気ノイズ等の問題がなく、近年、種々の分野にて多用されている。例えば、ロボット等の産業用機械やパソコン等のIT機器、自動車用電動パワーステアリング（以下、EPSと略記する）など、半導体制御回路の発達に伴い、それらの駆動源としてブラシレスモータを採用するケースが増加している。ところが、このようなブラシレスモータでは、ロータ側の永久磁石とステータ側のコアティースとの間の吸引力により、いわゆるコギングトルクが生じやすい傾向がある。かかるコギングトルクは、騒音や振動の原因となるのみならず、EPS用モータにおいては操舵感を悪化させる一因ともなる。

【0003】

コギングトルクを減少させる方策としては、まず、ステータの多スロット化によりトルクムラを細分化してそれを小さく抑えることが考えられる。しかしながら、スロットを無限に多くすることは不可能であり、多スロット化はモータサイズの面から自ずと限界がある。このため、従来よりコアティース先端の磁束が密となる部分に溝を設けてティース先端部を二股状に分割形成し、これによって擬似的に多スロット化を図る方法が提案されている。例えば、実公平7-47981号公報のブラシレスモータでは、ティース先端に1/2スロットピッチの補助溝を設け、見かけ上スロットが倍増したような構成としている。

【0004】

【特許文献1】 実公平7-47981号公報

【特許文献2】 特開平10-42531号公報

【特許文献3】 特開平11-18326号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来より、マグネット51とステータコア52は、図6, 7に示すように、両者が同じ長さ、若しくは出力向上のためマグネット51がステー

タコア52よりも長く形成されるのが一般的である。このため、前述のように補助溝により疑似多スロット化を図っても、磁束の一部がステータコアの端面52aから回り込み、その効果が十分に得られないという問題があった。すなわち、ティース先端部を通らない磁束が存在し、この補助溝と無関係の磁束の流れにより疑似スロット部分によるコギング低減効果が十分に発揮されず、その改善が望まれていた。

【0006】

本発明の目的は、補助溝によるコギングトルク低減等の効果を効率良く発揮させ得るブラシレスモータを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明のブラシレスモータは、軸方向の長さが L_M に形成されたマグネットを備えるロータと、前記マグネットとエアギャップを介して対向しその先端部に前記エアギャップに臨んで補助溝が凹設されたティースを周方向に沿って複数個配置したステータコアを備えるステータとを有するブラシレスモータであって、前記ステータコアの軸方向の長さ L_S を前記マグネットの軸方向の長さ L_M よりも大きく ($L_S > L_M$) 設定したことを特徴とする。

【0008】

本発明にあっては、ステータコア軸長 L_S をマグネット軸長 L_M よりも大きくしたので、ステータコアにマグネットと対向せずマグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出した部分を形成することができる。これにより、軸方向端面からステータコアに流れ込む磁束が少なくなり、ほとんどの磁束が径方向からティース先端部を通ってステータコアに流入する。従って、補助溝による疑似多スロット効果が効率良く発揮され、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【0009】

前記ブラシレスモータにおいて、前記ステータコアは、その両端に前記マグネットと対向せず、前記マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出したオーバーハンプ部を設けても良く、その軸方向の長さXを0.5mm～8.0mmの範囲に設定するようにしても良い。

【0010】

また、前記ブラシレスモータにおいて、前記補助溝の中心を前記ティースの周方向端面の延長線上に位置するように設けても良い。ティース先端部においてティース周方向端面の延長位置は磁束密度が高い部分であり、ここに補助溝の中心を配置することにより電機子反作用磁束の磁路が狭まり磁路抵抗が大きくなる。従って、電機子反作用磁束がティース内を流れにくくなり、電機子反作用の影響が低減し、減磁を抑えることが可能となる。

【0011】

さらに、前記ブラシレスモータにおいて、前記補助溝の溝幅を隣接する前記ティース間に形成されたスロットの幅と等しく形成しても良い。これにより、隣接するティースとの間で、補助溝によってティース先端部に形成されるサブティースが周方向に沿って等間隔に並び、ステータコアのスロット数を擬似的に増加させることができる。

【0012】

一方、前記ブラシレスモータを電動パワーステアリング装置の駆動源として用いても良く、これにより、モータのコギングに起因する騒音や振動が低減されると共にステアリング戻りもスムーズとなり、操舵感の向上を図ることが可能となる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の一実施の形態であるブラシレスモータ1（以下、モータ1と略記する）の構成を示す説明図である。当該モータ1は、EPSの駆動源として使用され、図1に示すように、ロータマグネット2（以下、マグネット2と略記する）を備えたロータ3の周囲にステータ4を配したインナーロータ型の装置構成となっている。モータ1は、運転者がハンドルを操作すると操舵角や走行速度等に従って制御駆動され、図示しない減速ギアを介してステアリングコラム軸に対し操舵補助力が供給される。

【0014】

ロータ3は、金属製のシャフト5に取り付けられたロータコア6と、ロータコア6の外周に固定された4極のマグネット2とから構成されている。マグネット2はフェライト磁石からなる4個のセグメントに分割形成されている。ステータ4は、ハウジング7と、ハウジング7の内周側に固定されたステータコア8と、ステータコア8に巻装された巻線9とから構成されている。図2は、ステータコアの構成を示す説明図である。ステータコア8には内周側に複数個のティース11が突設され、そこにコイルが分布巻又は集中巻にて巻回され巻線9が形成される。

【0015】

ティース11の先端部11aには補助溝12が2本形成されている。補助溝12は、マグネット2とティース11先端部との間に形成されるエアギャップGに臨んで開口し、径方向に向かって凹設されている。補助溝12によってティース11の先端部11aは三股形状となり、サブティース13が3個形成される。補助溝12の中心位置O₁は、ティース基部11bの周方向端面Pと同じ位置に形成されている。この端面Pの延長位置は、先端部11aにおいて磁束密度が高い部分であり、ここに補助溝12を設けることにより電機子反作用磁束の磁路抵抗が大きくなる。従って、電機子反作用磁束がティース11内を流れにくくなり、電機子反作用の影響が低減し、減磁を抑えることが可能となる。

【0016】

また、補助溝12の幅W_Aはスロット14の幅W_Sと同幅又はW_Sよりもやや広くになっており、隣接するティース11との間で、サブティース13が周方向に沿って等間隔又はほぼ等間隔に並ぶ。すなわち、補助溝12によりステータコア8のスロット数が擬似的に増加する形となり、コギングの低減が図られると共に、インダクタンスや電機子反作用も低減する。なお、補助溝12及びスロット14はスキュー角20°にて1/2スロット分スキューされて設けられている。

【0017】

ハウジング7内には、ロータ3の回転位置を検出するためのホールセンサ10が配設されている。モータ1ではマグネット2の主磁束を用いてロータ回転位置の検出が行われ、ホールセンサ10はマグネット2の磁極の変化に伴って信号を

出力する。ホールセンサ10による検出信号に基づいて巻線9への電流が適宜切り替えられ、ロータ3を回転駆動させる回転磁界が形成される。

【0018】

一方、モータ1では、マグネット2の軸方向長 L_M がステータコア8の軸方向長 L_S よりも短くなっている ($L_M < L_S$)。ステータコア8の両端には、マグネット2と対向しない長さXのオーバーハンギング部15がそれぞれ形成されている。オーバーハンギング量Xは、マグネット2とステータコア8のティース11先端部との間に形成されるエアギャップGが0.4mm～1mmの場合、 $X = 0.5\text{mm} \sim 8\text{mm}$ に設定される。当該モータ1では、 $G = 0.4\text{mm}$ において $X = 4.5\text{mm}$ ($L_M = 37\text{mm}$, $L_S = 46\text{mm}$) に設定されている。

【0019】

図3は、このようなオーバーハンギング部15を設けたモータ1における磁束の流れを示す説明図である。図3に示すように、モータ1ではマグネット2の両端にオーバーハンギング部15が存在するため、磁束は図中の矢印のようにステータコア8に径方向から流入する。従って、図6, 7のように磁束がステータコア8の軸方向端面8aから回り込んでしまうのを抑えることができ、ほとんどの磁束がティース11の先端部を通過する。このため、補助溝12による疑似多スロット効果が効率良く発揮され、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【0020】

発明者の実験によれば、 $X = 4.5\text{mm}$ ($L_M = 37\text{mm}$, $L_S = 46\text{mm}$) に設定したモータ1では、磁束量34000Mx、正逆回転のコギング量とロストトルクの平均値がそれぞれ0.005Nm, 0.011Nm、コギング量を磁束量で除した値が 1.5×10^{-7} となった。これに対し、 $X = 0\text{mm}$ ($L_M = 46\text{mm}$, $L_S = 46\text{mm}$: オーバーハンギングなし) に設定したモータでは、磁束量38000Mx、正逆回転のコギング量とロストトルクの平均値がそれぞれ0.007Nm, 0.013Nm、コギング量を磁束量で除した値が 1.8×10^{-7} となった。すなわち、オーバーハンギング部15を設けたモータ1では、コギング量が $0.007\text{Nm} \rightarrow 0.005\text{Nm}$ に低減した。

【0021】

また、磁束量を出力と考えると、出力に対するコギング量もオーバーハンギング部

15を設けたモータ1の方が小さくなる ($1.8 \times 10^{-7} \rightarrow 1.5 \times 10^{-7}$)。つまり、モータ1はステータコア8が長くなったことにより、同じ大きさのマグネットにて比較すると有効磁束が増大したと考えられ、X=0mmのモータよりも出力が向上し、コギングが小さくなっている。

【0022】

なお、X=-4.5mm ($L_M=4.6\text{ mm}$, $L_S=3.7\text{ mm}$: マグネット2の方が長い逆オーバーハンジ状態) に設定したモータでは、磁束量34000Mx、正逆回転のコギング量とロストトルクの平均値がそれぞれ0.032Nm, 0.012Nm、コギング量を磁束量で除した値が 9.4×10^{-7} となった。すなわち、図7のような状態では軸方向の磁束の回り込みの影響が大きく、コギング量がかなり大きくなることが分かる。図4は、この場合とモータ1におけるコギング量を比較して示した説明図である。図4から明かなように、モータ1ではコギング量が大幅に改善されていることが分かる。

【0023】

また、オーバーハンジ量Xとコギング量との関係も発明者の実験により図5のようになることが分かった。図5に示すように、コギング量はマグネット2がステータコア8よりも張り出す形の逆オーバーハンジとすると大きくなる。オーバーハンジなし (X=0) からX=0.5mm近傍までコギング量は漸減し、その後はやや減少しつつ略一定となる。

【0024】

このように、当該モータ1では、マグネット2の両端にステータコア8が張り出す形でオーバーハンジ部15を設けたので、軸方向端面8aからステータコア8に回り込む磁束を抑えることができ、補助溝12による効果を十分に得ることが可能となる。従って、コギングの低減を図ることが可能となると共に、電機子反作用の影響やトルク変動、インダクタンスなども低減できる。また、マグネット2からステータコア8への磁束も効率良く利用することができ、出力に対するコギング量を減少させ、効率良くコギングの低減等を図ることが可能となる。このため、モータ1をE.P.Sの駆動源として用いると、コギングに起因する騒音や振動が低減されると共にステアリング戻りもスムーズとなり、操舵感の向上を図

ることが可能となる。

【0025】

さらに、電機子反作用の影響を低減できるため、進角なし（ 0° ）の状態で使用でき、しかも、トルク変動を抑えることができる。特に、E P S用モータのように正逆回転するものは、機械的な進角設定が難しく、複雑な制御によって進角を実現しているが、当該モータによればかかる制御も必要なく、制御形態を簡素化しC P Uの負担を軽減することが可能となる。

【0026】

本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

例えば、前述の実施の形態ではオーバーハング量Xを4.5mmとした例を示したが、オーバーハング量Xは4.5mmには限定されず、0.5mm～8.0mm程度の範囲でモータ仕様に応じて適宜設定することが可能である。また、オーバーハング量Xはステーコア8の両側で必ずしも同じ値とする必要はなく、レイアウト上の要請や、ホールセンサ10との位置関係に応じて0.5mm～8.0mmの範囲で適宜異なる値を設定することも可能である。特に、マグネット2の主磁束を用いてロータ回転位置の検出を行うものでは、ホールセンサ10側のオーバーハング量Xを多く採ると、マグネット2とホールセンサ10との間の距離が大きくなりセンシング誤差が生じる可能性があり、かかる場合にはホールセンサ10側のオーバーハング量Xを適宜小さくすることが有効である。

【0027】

一方、前述の実施の形態ではインナーロータ型のブラシレスモータに本発明を適用した例を示したが、ロータがステータの外側に配設されるいわゆるアウタロータ型のブラシレスモータに本発明を適用することも可能である。さらに、前述の実施の形態では本発明をコラムアシスト型のE P Sに適用した例を示したが、ラックアシスト型等の他の方式のE P Sにも適用可能である。加えて、本発明のブラシレスモータをE P S以外の用途、例えば、ロボット等の産業用機械やパソコンやその周辺機器等のI T機器にも適用可能である。

【0028】

【発明の効果】

本発明のブラシレスモータによれば、ステータコア軸長 L_S をマグネット軸長 L_M よりも大きくしたので、ステータコアにマグネットと対向せずマグネット端部から張り出した部分を形成することができ、軸方向端面からステータコアに流れ込む磁束が抑制される。従って、補助溝による疑似多スロット効果を効率良く発揮させることができ、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の一実施の形態であるブラシレスモータの構成を示す説明図である。

【図2】

図1のブラシレスモータにおけるステータコアの構成を示す説明図である。

【図3】

オーバーハンゲ部を設けた図1のブラシレスモータにおける磁束の流れを示す説明図である。

【図4】

オーバーハンゲ量とコギング量との関係を示す説明図である。

【図5】

マグネットの方がステータコアより長い逆オーバーハンゲ状態のモータと図1のモータのコギング量を比較して示した説明図である。

【図6】

従来のブラシレスモータの構成を示す説明図である。

【図7】

従来の他のブラシレスモータの構成を示す説明図である。

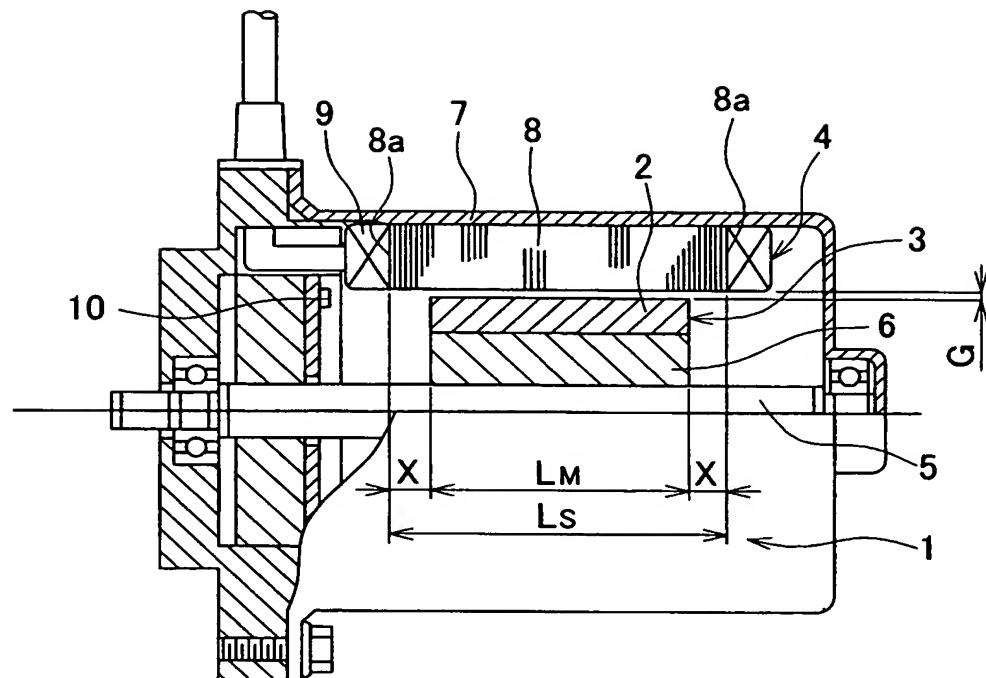
【符号の説明】

- 1 ブラシレスモータ
- 2 ロータマグネット
- 3 ロータ
- 4 ステータ
- 5 シャフト

6 ロータコア
7 ハウジング
8 ステータコア
8 a ステータコア軸方向端面
9 卷線
10 ホールセンサ
11 ティース
11 a 先端部
11 b 基部
12 補助溝
13 サブティース
14 スロット
15 オーバーハング部
51 マグネット
52 ステータコア
52 a ステータコア端面
G エアギャップ
LM マグネット軸方向長
LS ステータコア軸方向長
O1 補助溝中心位置
P ティース周方向端面
WA 補助溝幅
WS スロット幅
X オーバーハング量

【書類名】 図面

【図1】



1 : ブラシレスモータ

2 : ロータマグネット

3 : ロータ

4 : ステータ

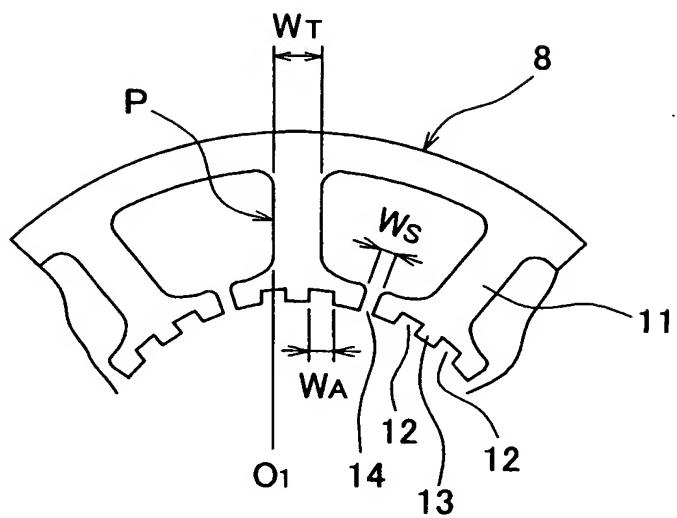
8 : ステータコア

LM : マグネット軸方向長

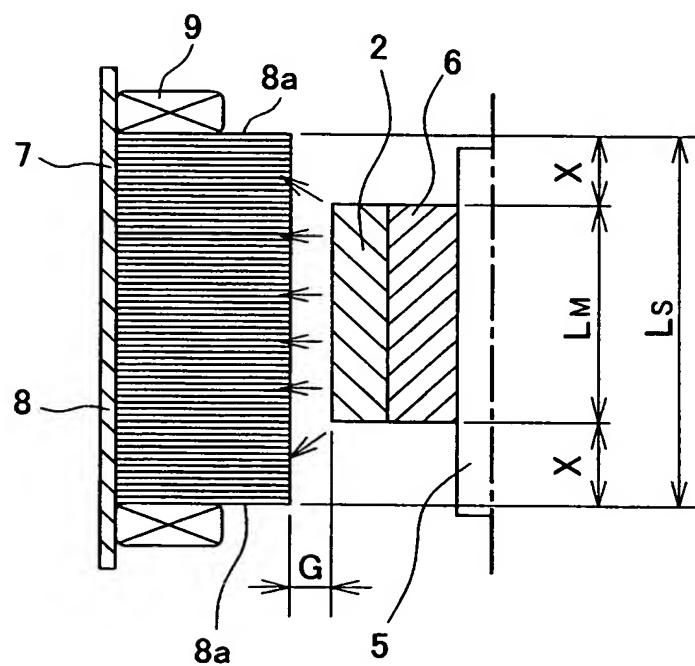
LS : ステータコア軸方向長

X : オーバーハング量

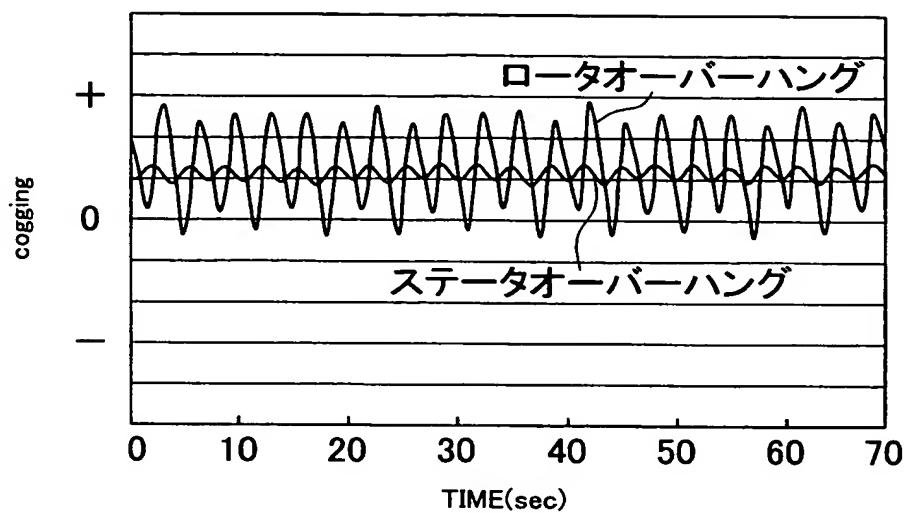
【図2】



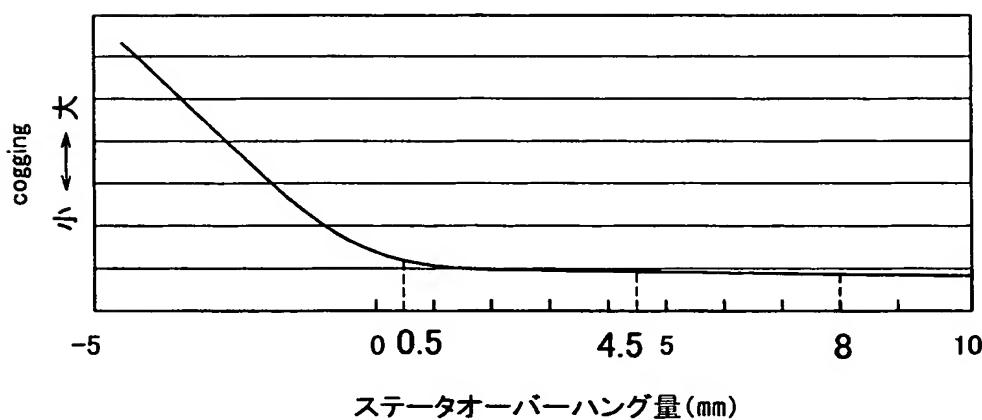
【図3】



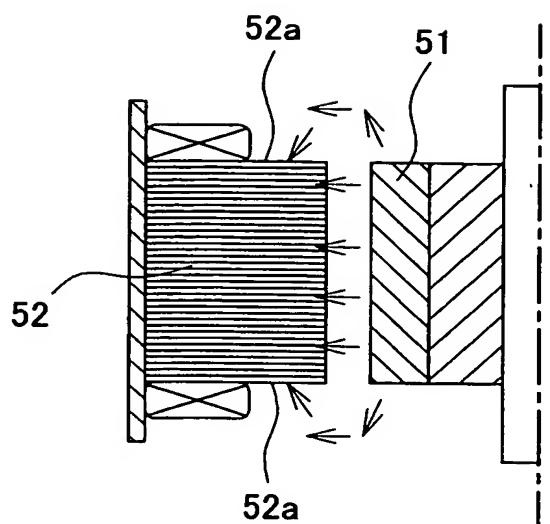
【図 4】



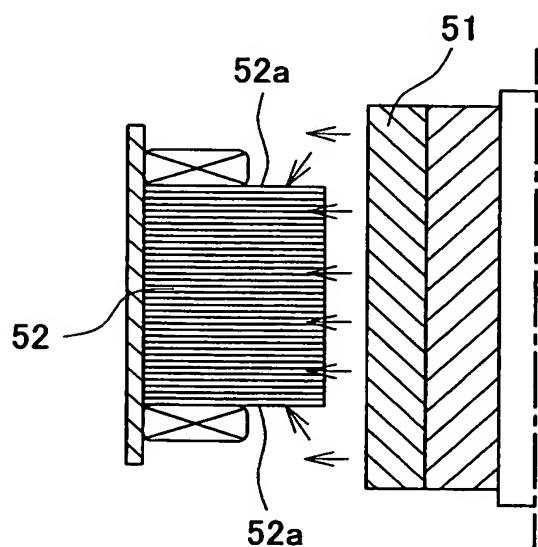
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 補助溝によるコギングトルク低減等の効果を効率良く発揮させ得るブラシレスモータを提供する。

【解決手段】 ブラシレスモータ1は、マグネット2を備えるロータ3と、ステータコア8を備えるステータ4からなる。ステータコア8は、先端部に補助溝が形成され疑似多スロット化が施されたティース11を有する。マグネット2は軸方向の長さが L_M に形成されている。ステータコア8は軸方向の長さが L_S に形成されており、 L_S は L_M よりも大きくなっている ($L_S > L_M$)。ステータコア8の両端に、マグネット2と対向しないオーバーハング部15を形成する。ステータコア8の軸方向端面8aから流れ込む磁束が抑制され、ほとんどの磁束がティース先端部からステータコア8に流入し、補助溝による疑似多スロット効果が効率良く発揮される。

【選択図】 図1

特願2002-362965

出願人履歴情報

識別番号 [000144027]

1. 変更年月日 1996年10月 4日
[変更理由] 名称変更
住 所 群馬県桐生市広沢町1丁目2681番地
氏 名 株式会社ミツバ